

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL
MEDI NATURAL



DISEÑO Y SELECCIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE CULTIVO DE LA ALBAHACA EN CONTENEDOR CON SUSTRATO A BASE DE CÁSCARA DE ALMENDRA

**TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
DEL MEDIO RURAL**

ALUMNO: D. José Miguel Pardo Mas

**TUTORES: Dr. Nuria Pascual Seva
Dr. Bernardo Pascual España**

Valencia, Julio 2018

Resumen

En la actualidad el cultivo del almendro está en expansión, debido a la alta rentabilidad y a la gran demanda en el mercado. Este aumento en la superficie de cultivo, está suponiendo un incremento en la obtención de subproductos, lo que es un inconveniente al producirse miles de toneladas de endocarpo (cáscara) de almendra. En estudios anteriores se ha comprobado que dicho material puede ser empleado como sustrato en el sector de la producción de planta en maceta. En el presente Trabajo Final de Grado, se pretende valorizar la cáscara de almendra, utilizándola como sustrato en cultivo de albahaca en contenedor.

Para ello se ha ensayado la utilización de la cáscara de almendra como componente del sustrato de cultivo, en sustitución de otros sustratos, como la turba, perlita o fibra de coco, en las siguientes proporciones:

50% cáscara de almendra + 50% turba

20% cáscara de almendra + 80% turba

50% perlita + 50% turba

20% perlita + 80% turba

50% fibra de coco + 50% turba

20% fibra de coco + 80% turba

100% turba

Además, se pretende analizar la respuesta a dos estrategias de riego, basadas en el porcentaje de drenaje. En la estrategia de riego A, todos los sustratos se regaron diariamente aportando la dosis necesaria para que las plantas que contenían un 20% de perlita (utilizadas como referencia), drenaran entre el 15% y el 20% del agua de riego aportada. En la estrategia de riego B, cada combinación de sustratos se regó de manera independiente, de manera que cada uno drenara en la misma proporción ya indicada del agua recibida.

Semanalmente se realizaron muestreos no destructivos de las plantas, determinando altura de la planta, número de hojas y contenido de clorofila. Quincenalmente se realizaron muestreos destructivos, en los que se determinaron los pesos fresco y seco de cada una de las partes de la planta (hojas, tallos, raíces), además del área foliar y el contenido relativo de agua.

Los resultados mostraron que la cáscara de la almendra puede ser utilizada como sustrato para el cultivo de albahaca en contenedor, dado que su uso no afecta negativamente al peso fresco de sus hojas, que son la parte aprovechable de la planta. En cuanto a los porcentajes ensayados, se recomendaría utilizar el 50% de cáscara en el sustrato de cultivo de albahaca, ya que esto supondría un ahorro de turba y de agua de riego, sin afectar negativamente a la producción de hojas.

Palabras clave:

Endocarpo, valorización, subproducto, albahaca, contenedor, dosis de riego.

Abstract

Currently, the almond crop is expanding, due to the high profitability and the high demand in the market. This increase in the area under cultivation is assuming an increase in the production of by-products, which is an inconvenience when producing thousands of tons of almond endocarp (shell). In previous studies, it has been proven that said material can be used as a substrate in the pot-plant production sector. In the present Final Degree Project, the aim is to valorize almond shell, using it as a substrate in the cultivation of basil in container.

For this purpose, the use of the almond shell as a component of the culture substrate has been tried, replacing other substrates, such as peat, perlite or coconut fiber, in the following proportions:

50% almond shell + 50% peat

20% almond shell + 80% peat

50% perlite + 50% peat

20% perlite + 80% peat

50% coconut fiber + 50% peat

20% coconut fiber + 80% peat

100% peat

In addition, it is intended to analyze the response to two irrigation strategies, based on the percentage of drainage. In irrigation strategy A, all substrates were irrigated daily, providing the necessary dose so that plants containing 20% perlite (used as reference), will drain between 15% and 20% of the irrigation water provided. In irrigation strategy B, each combination of substrates was irrigated independently, so that each would drain in the same proportion as indicated from the water received.

Weekly non-destructive samplings of the plants were carried out, determining plant height, number of leaves and chlorophyll content. Biweekly, destructive samples were carried out, in which the fresh and dry weights of each part of the plant (leaves, stems, roots) were determined, as well as the foliar area and the relative water content.

The results showed that the shell of the almond can be used as a substrate for the cultivation of basil in container, since its use does not negatively affect the fresh weight of its leaves, which are the usable part of the plant. Regarding the percentages tested, it would be recommended to use 50% of the husk in the basil cultivation substrate, since this would mean a saving of peat and irrigation water, without negatively affecting the production of leaves.

Keywords:

Endocarp, valorization, by-product, basil, container, irrigation dose.

Resum

En l'actualitat el conreu de l'ametller està en expansió, a causa de l'alta rendibilitat i de la gran demanda en el mercat. Aquest augment en la superfície de conreu, està suposant un increment en l'obtenció de subproductes, el que és un inconvenient en produir milers de tones de endocarp (closca) d'ametlla. En estudis anteriors s'ha comprovat que aquest material pot ser emprat com a substrat en el sector de la producció de pla-ta en test. En el present Treball Final de Grau, es pretén valoritzar la closca d'al-ametlla, utilitzant-la com a substrat en cultiu d'alfàbrega en contenidor.

Per a això s'ha assajat la utilització de la closca d'ametlla com a component del seus-tracte de cultiu, en substitució d'altres substrats, com la torba, perlita o fibra de coco, en les següents proporcions:

50% closca d'ametlla + 50% torba

20% closca d'ametlla + 80% torba

50% perlita + 50% torba

20% perlita + 80% torba

50% fibra de coco + 50% torba

20% fibra de coco + 80% torba

100% torba

A més, es pretén analitzar la resposta a dues estratègies de reg, basades en el percentatge de drenatge. En l'estratègia de reg A, tots els substrats es van regar diàriament aportant la dosi necessària perquè les plantes que contenen un 20% de perlita (utilitzades com a referència), drenaran entre el 15% i el 20% de l'aigua de reg aportada. En l'estratègia de reg B, cada combinació de substrats es va regar de manera independent, de manera que cada un drenés en la mateixa proporció ja indicada de l'aigua rebuda.

Setmanalment es van realitzar mostres no destructius de les plantes, determinant alçada de la planta, nombre de fulles i contingut de clorofil·la. Quinzenalment es van realitzar mostres destructius, en què es van determinar els pesos fresc i sec de cadascuna de les parts de la planta (fulles, tiges, arrels), a més de l'àrea foliar i el contingut relatiu d'aigua.

Els resultats van mostrar que la closca de l'ametlla pot ser utilitzada com a substrat per al cultiu d'alfàbrega en contenidor, atès que el seu ús no afecta negativament el pes fresc de les seves fulles, que són la part aprofitable de la planta. Pel que fa als percentatges assajats, es recomanaria utilitzar el 50% de closca en el substrat de cultiu d'alfàbrega, ja que això suposaria un estalvi de torba i d'aigua de reg, sense afectar negativament a la producció de fulles.

Paraules clau:

Endocarp, valorització, subproducte, alfàbrega, contenidor, dosi de reg.

Agradecimientos

A mi familia por apoyarme siempre y demostrarme que con esfuerzo todo es posible.

A Nuria y Bernardo por toda la ayuda prestada y confiar en mí.

A Iva porque sin su colaboración este proyecto no habría sido posible.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 El almendro	1
1.2. Albahaca	3
1.3. Antecedentes	4
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1. PREPARACIÓN DEL CULTIVO	7
3.2. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	8
3.3. ESTUDIO DEL CULTIVO	10
3.3.1. Sustratos	10
3.3.2. Riego	11
3.3.3. Fertilización	11
3.4. MUESTREOS	11
3.4.1. No destructivos	11
3.4.2. Destructivos	11
3.5. ÍNDICES CALCULADOS	12
3.5.1. Materia seca individual	12
3.5.2. Índice de cosecha	13
3.5.3. Eficiencia en uso del agua de riego	13
3.6. ESTADÍSTICA	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1. EVOLUCIÓN DEL CULTIVO	14
4.1.1. Muestreos no destructivos	14
4.1.1.1. Altura de las plantas	14
4.2.1.2. Número de hojas	15
4.2.1.3. Concentración de clorofilas	17
4.2.2. Muestreos destructivos	19
4.2.2.2. Longitud de raíces	19
4.2.2.3. Peso fresco	21
4.2.2.4. Peso seco	24
4.2.2.5. Contenido relativo de agua	26
4.2.2.6. Área foliar	27
4.2.3. Índices obtenidos	29
4.2.3.1. Contenido de materia seca	29

4.2.3.2. Índice de cosecha	31
4.3. RIEGO	33
4.3.1. Eficiencia en el uso del agua de riego	33
5. CONCLUSIONES	35
6. BIBLIOGRAFÍA	36

Índice de Figuras

Figura 1. 1 Producción de almendra 2017-18 según la INC	1
Figura 1. 2 Gráfica comparativa de superficies de los principales productores de almendra en el mundo en los años 2000, 2004, 2008, 2012 y 2016.	2
Figura 1. 3 Gráfica comparativa entre producciones, en millones de toneladas, de los principales productores de almendra.	2
Figura 1. 4 Primera imagen: Albahaca var. genovesa, Segunda imagen: Albahaca var. hoja de lechuga y tercera imagen: Albahaca morada.....	3
Figura 1. 5 Superficie de plantas aromáticas y medicinales por comunidades autónomas	4
Figura 3. 1 Semillas de albahaca variedad hoja de lechuga	7
Figura 3. 2 Plántulas de albahaca germinadas 9 DDS	7
Figura 3. 3 Resultado del aclareo 19 DDS.....	8
Figura 3. 4 Vista de las plantas en el invernadero, algunas de ellas sobre bandejas para cuantificar el drenaje	8
Figura 3. 5 Cáscara de almendra empleada en el experimento.....	9
Figura 3. 6 Zona de trabajo donde se puede apreciar el material empleado	9
Figura 3. 7 Imagen A Cáscara de almendra triturada; Imagen B e Imagen C Proceso de mezclado del sustrato Cáscara de almendra al 20%.	9
Figura 3. 8 Vista de los sustratos empleados. 1 S-50; 2 S-20, 3 P-50 Y 4 P-20.	10
Figura 3. 9 Sacabocados	12
Figura 4. 1 Evolución de la altura de la planta a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.....	14
Figura 4. 2 Fotografía comparativa del estado de las estrategias de riego. En la parte superior estrategia de riego A y en la inferior B.....	14
Figura 4. 3 Evolución de número de hojas a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.....	16
Figura 4. 4 Evolución de la concentración de clorofilas, en unidades de índice SPAD y en $\mu\text{mol m}^{-2}$ a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.	18
Figura 4. 5 Evolución de longitud de las raíces a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.....	20
Figura 4. 6 Evolución del peso fresco a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.	22
Figura 4. 7 Evolución del peso seco a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos..	24
Figura 4. 8 Evolución de contenido relativo de agua (RWC; %) a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.....	26
Figura 4. 9 Evolución del área foliar en centímetros cuadrados a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.	27
Figura 4. 10 Fotografías comparativas del estado del cultivo entre sustratos y estrategias de riego A y B.	28
Figura 4. 11 Evolución de los valores medios de materia seca a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.....	30
Figura 4. 12 Evolución de los valores medios del índice de cosecha a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos.	32
Figura 4. 13 Gráfica comparativa de volúmenes totales aportados entre estrategias de riego.	33

Figura 4. 14 Gráfico de barras comparativo entre la eficiencia del agua de riego (EUAR) de la estrategia de riego automatizada (A) y la estrategia de riego ajustada a las necesidades del cultivo (B). 34

Índice de Tablas

Tabla 3. 1 Características de la turba empleada en para realizar la preparación de los sustratos.	10
Tabla 3. 2 Tabla de concentraciones de solución nutritiva con la que se efectuaba el fertirriego del cultivo.	11
Tabla 4. 1 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre la altura de la planta.	15
Tabla 4. 2: Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el número de hojas.	17
Tabla 4. 3: Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre la concentración de clorofilas en las hojas en unidades del índice SPAD y $\mu\text{mol m}^{-2}$	19
Tabla 4. 4 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre la longitud de raíces.	21
Tabla 4. 5 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre los pesos frescos de los órganos de la planta y total de la planta.	23
Tabla 4. 6 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre los pesos secos de los órganos de la planta y total de la planta.	26
Tabla 4. 7 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el contenido relativo de agua (CRA)	27
Tabla 4. 8 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el área foliar.	29
Tabla 4. 9 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre las materias secas.	31
Tabla 4. 10 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el índice de cosecha.	32

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El almendro

Hoy en día, la dieta mediterránea está cobrando gran importancia a nivel mundial y cada vez más gente está concienciada en seguir un estilo de vida saludable y equilibrado.

Los frutos secos son alimentos tradicionales de este tipo de dieta, caracterizados por un elevado contenido energético, elevado aporte de fibra, bajo contenido de grasa saturada y un elevado aporte de grasa insaturada, fundamentalmente poliinsaturada en nueces y piñones, y monoinsaturada en almendras, avellanas y pistachos. Los frutos secos son también fuente de proteína vegetal, antioxidantes, vitaminas y numerosas sustancias bioactivas como los flavonoides. Además, su contenido mineral es superior al de otros alimentos ya que aportan al organismo magnesio, fósforo, potasio, calcio, hierro y oligoelementos, como el zinc y el selenio (Val, 2018).

Entre los principales frutos secos destacan las almendras, las nueces y los anacardos presentando un porcentaje de consumo a nivel mundial de 39%, 18% y 17% (INC, 2018), respectivamente, por lo que se puede decir que la almendra es el principal fruto seco demandado por el consumidor.

El cultivo del almendro es un cultivo de gran importancia económica y social en todo el mundo, siendo los principales productores Estados Unidos, Australia y España (Figura 1.1). Cabe destacar que la producción de almendra en Estados Unidos y Australia se centra en variedades de cáscara *mollar* o blanda, mientras que la producción española se basa en variedades de cáscara dura (Batlle *et al.*, 2018).

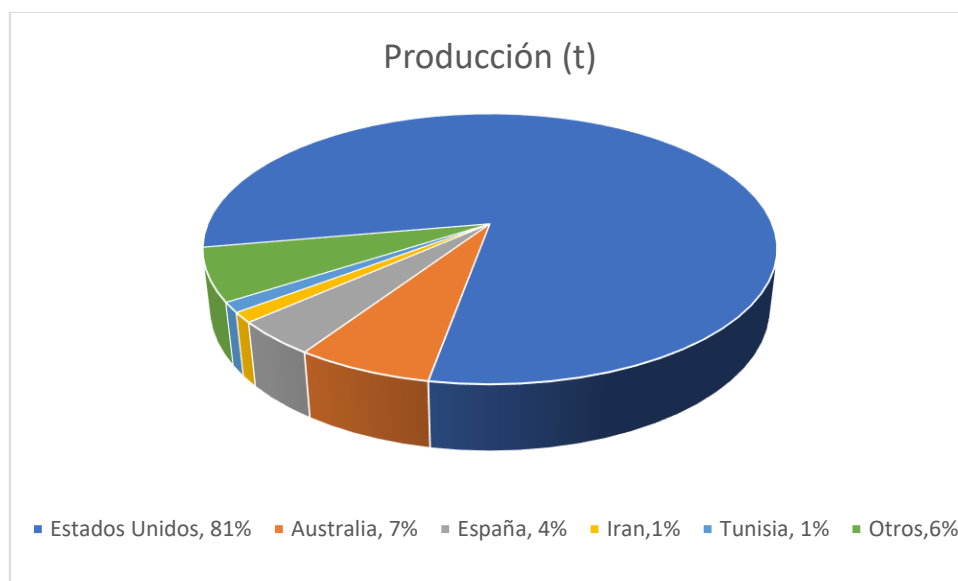


Figura 1. 1 Producción de almendra 2017-18 según la INC (Internacional Nuts & Dried Fruits, 2018)

Por otro lado, con la subida del precio de la almendra en España se han empezado a recuperar antiguas plantaciones de almendro en secano reconvirtiéndolas en regadío, aunque muchas de ellas se instauran siguiendo un modelo de riego deficitario.

Este aumento de la superficie cultivada, y el aumento de rendimiento al transformar las plantaciones de secano en regadío, se traduce en un aumento de la producción, que se notará especialmente a medida que las nuevas plantaciones entren en producción.

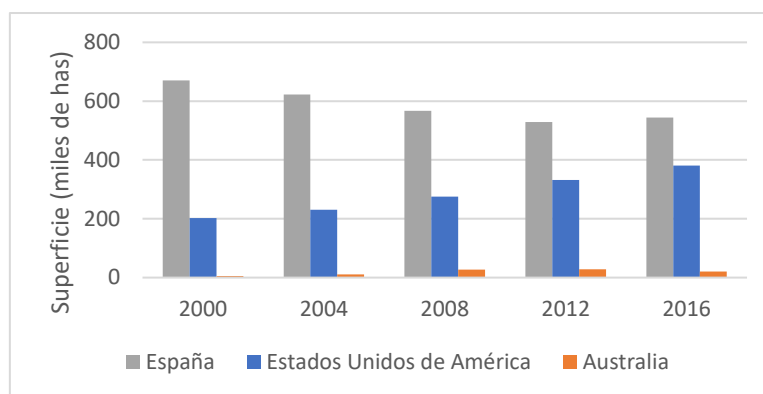


Figura 1. 2 Gráfica comparativa de superficies de los principales productores de almendra en el mundo en los años 2000, 2004, 2008, 2012 y 2016. (FAO, 2018)

Tal y como se muestra en la figura 1.3, existe una gran diferencia entre las producciones de España y Estados Unidos (Figura 1.2) debido a que las plantaciones tradicionales de España han sido plantadas en los terrenos menos productivos con elevadas pendientes y en secano (Gil, 2018). En cambio, en Estados Unidos han seguido un sistema de cultivo intensivo logrando unos rendimientos de más de 2500 kg por hectárea.

Actualmente, el cultivo del almendro en España se encuentra en continuo cambio y expansión ya que se están sustituyendo cultivos herbáceos y leñosos, como son El Valle del Guadalquivir y Guadiana, y se están ocupando nuevas zonas de regadío, como Castilla La Mancha, Aragón y Cataluña.

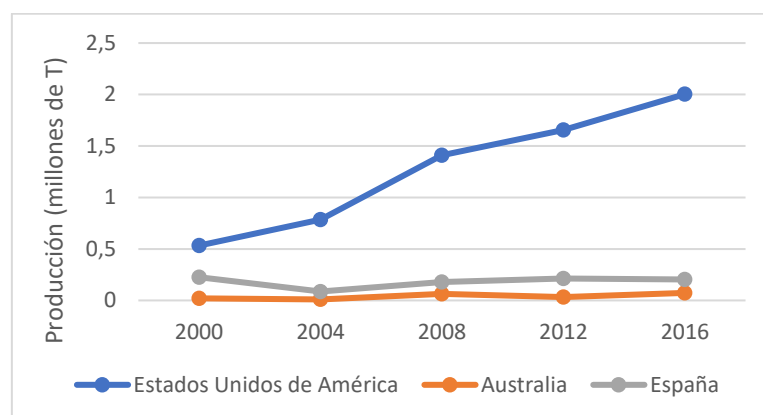


Figura 1. 3 Gráfica comparativa entre producciones, en millones de toneladas por año, de los principales productores de almendra. Fuente:(FAO, 2018)

Tradicionalmente los países occidentales eran los principales consumidores de almendra, pero en la última década, los países orientales como China, India y Corea del Sur han empezado a consumirlas convirtiéndose en los nuevos grandes consumidores de almendras, provocado así un aumento en la demanda del producto (Pizá, 2018).

Por otro lado, la almendra es un producto muy versátil y de alto valor añadido con una amplia gama de productos en la industria transformadora destacando la producción de snacks, dulces, bebidas, barritas, etc., lo que también supone un aumento en la demanda de almendra en el mercado. En cuanto a perspectivas de futuro, una vez los nuevos cultivos intensivos comiencen a producir, se podrá apreciar un incremento notable en la oferta española.

1.2. Albahaca

La dieta mediterránea se caracteriza principalmente por ser rica en sabores y aromas de condimentos y esencias siendo muy frecuente el uso de perejil, albahaca o tomillo.

La albahaca es una planta herbácea anual que pertenece a la familia *Lamiaceae*, en la que existen más de 60 variedades diferentes (Benito y Chiesa, 2000), destacando la albahaca genovesa, hoja de lechuga y morada.



Figura 1. 4 Primera imagen: Albahaca var. genovesa (fitoagropecuaria, 2011), Segunda imagen: Albahaca var. hoja de lechuga y tercera imagen: Albahaca morada (Solari, 2013)

La albahaca tiene diversas utilidades donde destaca principalmente la alimentación, pero también puede utilizarse en la farmacéutica y cosmética. Dentro de la alimentación su uso más frecuente es en fresco acompañando salsas y ensaladas debido a su olor agradable y aportar un sabor salado y picante.

Por otro lado, varios estudios atribuyen a sus aceites esenciales propiedades beneficiosas para la salud, puesto que actúa como hipoglucemiante (Rodríguez *et al.*, 1997), antidepresivo y anti-convulsivo (Pérez de Alejo *et al.*, 1996). Además, éste posee propiedades estimulantes, anti-tetospasmódicas, digestivas, carminativas, antitusígenas (Ceroni, 1989), antifúngicas, antibacterianas y repele insectos (Sinha y Gulati, 1991). También, destaca su uso en perfumería y cosmética (Sánchez Govín *et al.*, 2000).

El cultivo de la albahaca se ha extendido por las regiones templadas, en especial por los países de la cuenca mediterránea (Muñoz, 2000), al presentar condiciones óptimas para su cultivo, ya que éste no soporta temperaturas por debajo de los 0°C ni superiores a los 30°C. La oscilación de temperaturas día-noche combinado con un fotoperíodo largo inducen un alto desarrollo (Floresyplantas, 2016).

En la actualidad, no se puede disponer de datos fiables de la producción de albahaca en España, por lo que se debe recurrir a la información facilitada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pero el ministerio agrupa una diversidad de especies incluidas como Plantas aromáticas, medicinales y condimentos (PAMC), lo cual dificulta la recopilación y elaboración de datos sobre superficies y producciones. De esta manera se ha registrado en el año 2016 que en España se produce cerca de 9.100 ha de PAMC (Figura 1.5), siendo Andalucía la gran productora con 5600 ha (aproximadamente el 60% de la superficie), seguida de Castilla-La Mancha con 1500 has (16%), Castilla y León y Murcia con un 8%, y la Comunidad Valenciana con un 2%. En Navarra y Cataluña apenas se dedican 200 has (Herraiz, 2017).

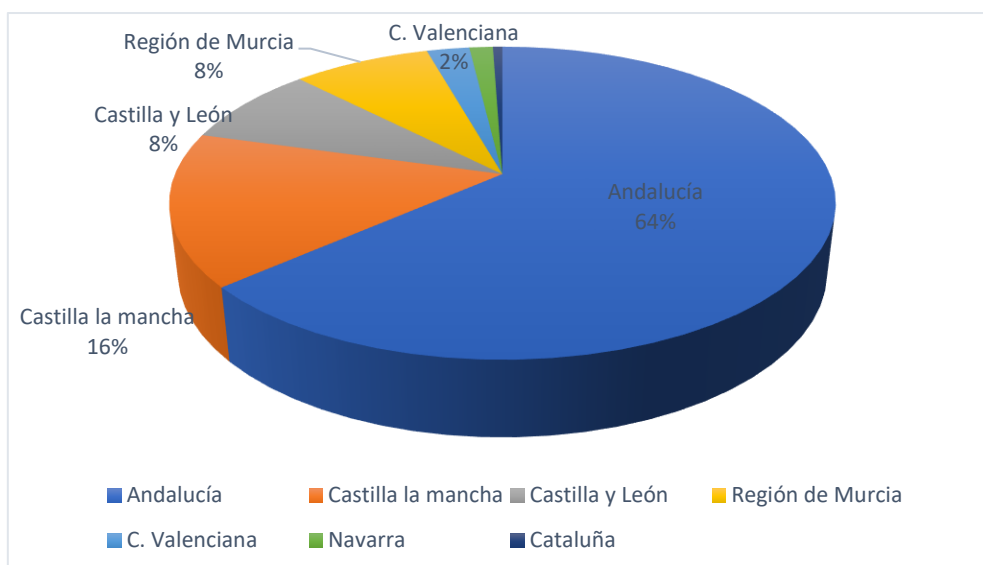


Figura 1. 5 Superficie de plantas aromáticas y medicinales por comunidades autónomas del año 2016 (Herraiz, 2017).

1.3. Antecedentes.

El aumento de la producción de almendra, conlleva un aumento de la producción de los subproductos derivados de su cultivo, como es el caso de la cáscara (endocarpo), que conlleva una problemática para el futuro. Esto supone una gran cantidad de cáscara, especialmente en el futuro próximo, cuando entren en plena producción las nuevas plantaciones, por lo que se debe intentar encontrar posibles usos para este subproducto de la almendra.

Moreno, J. (2015), en su obra *De residuo a recurso El camino hacia la sostenibilidad*, indica que la cáscara de almendra puede ser gestionada y tratada por diferentes vías para la revalorización como en los casos de obtención de productos químicos. Se puede obtener furfural, un importante disolvente para la industria; fertilizantes húmicos además de xilosa y xilitol empleados en la industria alimentaria. También es válido para reforzar materiales plásticos comunes y producir pegamentos.

Otra de las opciones, más tradicionales, para valorizar el subproducto de la almendra es emplearlo como biomasa para generar energía por su gran poder calorífico. Incluso es posible emplearlo como sustrato para el cultivo de setas, siempre y cuando mantenga la humedad constante (Dähncke, 2015).

Con esta finalidad, recientemente el equipo investigador en el que se desarrolla este Trabajo Final de Grado, y concretamente Ribera ha analizado la viabilidad del uso del subproducto de la almendra como sustrato sobre albahaca en contenedor. Se eligió la albahaca dado que su consumo en fresco en los hogares ha aumentado de manera importante en los últimos años, por lo que también ha aumentado la demanda de plantas cultivadas en contenedores de pequeño tamaño, como los utilizados en el estudio. Ribera (2017) analizó el comportamiento de las plantas de albahaca cultivadas con distintas mezclas de sustrato empleando tanto el endocarpo como el mesocarpo de almendra a distintas proporciones (80%, 50% y 20%) con turba (50% rubia +50% negra). Estas mezclas de sustratos a evaluar fueron comparadas con otro sustrato comercial (perlita) a las mismas tres proporciones.

Estos sustratos fueron evaluados durante 60 días mediante muestreos de las plantas, tanto destructivos como no destructivos determinándose la longitud de tallos, la longitud de raíces, el número de hojas, la biomasa generada por cada una de las partes de la planta (hojas, tallo y raíz) además del área foliar. Como principales conclusiones del ensayo, se desaconsejó el empleo del mesocarpo de almendra como parte del sustrato de cultivo, ya que se observaron síntomas de

fitotoxicidad en algunas plantas, así el empleo del sustrato que contenía 80% de endocarpo, ya que las plantas no se desarrollaron correctamente.

Además, se consideró que el manejo del riego podría mejorarse mediante el ajuste de la dosis de riego para las diferentes combinaciones de sustratos, dependiendo de sus características propias.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este Trabajo Final de Grado es valorizar la cáscara (endocarpo) de almendra, analizando su posible uso como sustrato de cultivo de plantas de albahaca en contenedor. Para alcanzar este objetivo, se plantean los siguientes objetivos particulares:

- Comparar la respuesta de las plantas de albahaca cultivadas en contenedor, utilizando cáscara de almendra como parte del sustrato de cultivo, frente a otros sustratos que son utilizados comercialmente, como la perlita y la fibra de coco.
- Comparar la respuesta de las plantas de albahaca a dos proporciones de cáscara de almendra.
- Determinar el manejo de riego más apropiado en la utilización de este sustrato para el cultivo de albahaca en contenedor.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. PREPARACIÓN DEL CULTIVO

La siembra se realizó el día 24 de enero de 2018 [0 días después de la siembra (DDS)] en los invernaderos de la Universitat Politècnica de València (UPV). Se empleó un semillero de poliestireno expandido de 294 alveolos, donde se sembraron 2 semillas de albahaca por alveolo. Las semillas utilizadas era de la casa comercial Vilmorin (Figura 3.1; *Ocimum basilicum* var. *Foglia di lattuga*). Como sustrato se utilizó un sustrato comercial a base de turba (TYPical, tipo 3 especial, Gebr.Brill Substrate GmbH & Co., Georgsdorf, Alemania) que contenía 50% turba rubia y 50% turba negra.



Figura 3. 1 Semillas de albahaca variedad hoja de lechuga

Una vez se sembró, el semillero se ubicó en las bancadas del invernadero que disponen de un sistema de riego por microaspersión con emisores de 8 L h⁻¹.

El 29 de enero de 2018 (5 DDS) se comenzó a apreciar la germinación de las semillas más precoces, pero no fue hasta el 2 de febrero de 2018 (9 DDS) cuando se pudo apreciar la germinación de la mayoría de las semillas (Figura 3.2).



Figura 3. 2 Plántulas de albahaca germinadas 9 DDS

Cuando se observó que la mayoría de las plántulas habían desplegado por completo los cotiledones, el 12 de febrero de 2018 (19 DDS), se procedió al aclareo (Figura 3.3) para permitir un óptimo desarrollo de éstas, dejando un solo individuo por alveolo. Este aclareo se realizó de

manera manual descartando los individuos que no se desarrollaron correctamente. Para este proceso se utilizó una espátula para una mejor manipulación de las plantas.



Figura 3. 3 Resultado del aclareo 19 DDS

Finalmente, el 27 de febrero de 2018 (34 DDS) se procedió al trasplante definitivo de las plantas cuando se apreció el despliegue del primer par de hojas verdaderas. El trasplante se realizó a contenedores de 1L y 12 cm de diámetro, hasta un total de 210 plantas (15 repeticiones por cada combinación de tratamientos; Figura 3.4).



Figura 3. 4 Vista de las plantas en el invernadero, algunas de ellas sobre bandejas para cuantificar el drenaje

Una vez hecho el trasplante se realizó un riego de establecimiento para evitar el estrés a las plantas, aplicándose la misma dosis para la estrategia A y B. Esta dinámica de riego se mantuvo 6 días tras el trasplante, a partir del 5 de marzo de 2018 (6 DDT) se diferenciaron las estrategias de riego A y B.

3.2. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

De manera paralela a la siembra del cultivo se llevó a cabo la preparación de los sustratos. La cáscara de almendra (Figura 3.5.) utilizada en el experimento procedía de la cooperativa de productores de almendra de Alfândega da Fe (Portugal), una importante zona productora de almendra, y contenía variedades *Masbovera*, *Glorieta* y *Ferraduel*.



Figura 3. 5 Cáscara de almendra empleada en el experimento

El procesado del material consistió en un machacado con una maceta de 0,5 Kg. De esta manera el tamaño del material se vio reducido considerablemente pero no el necesario. Por lo que para finalizar se picó con una picadora de cocina (Picadora 1,2,3 XXL, Moulinex). En la figura 3.6 se puede observar el material empleado.



Figura 3. 6 Zona de trabajo donde se puede apreciar el material empleado

Una vez machacado y triturado se realizó un tamizado con un tamiz con malla de 5mm, para finalmente ser mezclado (mediante volúmenes) con una proporción del 50% dando el sustrato S-50 y con una proporción del 20% para tener el sustrato S-20. El proceso de mezclado se muestra a continuación en la figura 3.7.



Figura 3. 7 Imagen A Cascara de almendra triturada; Imagen B e Imagen C Proceso de mezclado del sustrato Cascara de almendra al 20%.

Como en el caso del semillero, la turba que se empleó fue una mezcla de turba rubia a un 50% y turba negra 50% (TYPical, tipo 3 especial, Gebr.Brill Substrate GmbH & Co., Georgsdorf, Alemania) con las características que muestra la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Características de la turba empleada en para realizar la preparación de los sustratos.

Materia orgánica	90%
Ph	6
Conductividad	35 mS/m
Capacidad de retención	700 ml/l

3.3. ESTUDIO DEL CULTIVO

3.3.1. Sustratos

Los sustratos empleados en este experimento inicialmente han sido:

- Cáscara de almendra 50% con Turba 50% (S-50)
- Cáscara de almendra 20% con Turba 80% (S-20)

La respuesta de las plantas se ha comparado con la obtenida con dos sustratos comerciales, fibra de coco y perlita, en las mismas proporciones:

- Fibra de coco 50% con Turba 50% (CH-50)
- Fibra de coco 20% con Turba 80% (CH-20)
- Perlita 50% con Turba 50% (P-50)
- Perlita 20% con Turba 80% (P-20)

Además, de estas seis combinaciones (Figura 3.8) de sustratos se dispuso de un Control de turba (Tabla 3.1), que fue la misma que se empleó en los semilleros.

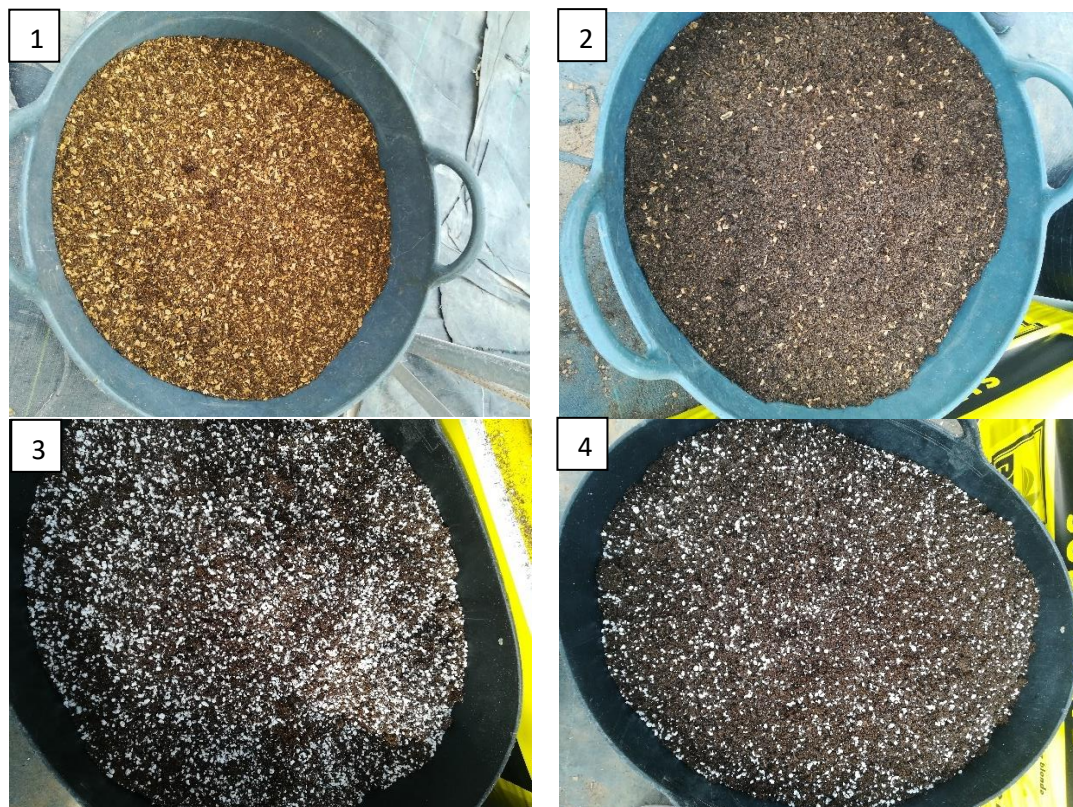


Figura 3. 8 Vista de los sustratos empleados. 1 S-50; 2 S-20, 3 P-50 Y 4 P-20.

3.3.2. Riego

La estrategia de riego A fue automatizada con un sistema de riego localizado mediante goteros de $2,2 \text{ L h}^{-1}$ que se programó para efectuar dos riegos diarios de un minuto cada uno, siendo estos, uno por la mañana y otro por la tarde ajustando el volumen para que el drenaje de P-20 correspondiera al 15-20% del drenaje del sustrato P-20.

Con este porcentaje de drenaje se pretende evitar problemas de salinidad (Gromaz, 2016).

La estrategia de riego B se efectuó de manera manual ajustándose al 15-20% del drenaje de cada sustrato. Tras pasar unas horas del riego, se determinaba el volumen drenado de cada sustrato, para ello se había dispuesto una bandeja que recogía el drenaje de tres contenedores de cada tratamiento. Los volúmenes aportados se ajustaban semanalmente en función del volumen de agua drenada.

3.3.3. Fertilización

Los fertilizantes fueron aportados en fertirrigación, con una solución nutritiva basada en la solución de Hoagland Nº2, con las siguientes concentraciones (Tabla 3.2).

Tabla 3. 2 Tabla de concentraciones de solución nutritiva con la que se efectuaba el fertirriego del cultivo.

Macronutrientes (mM L^{-1})						Micronutrientes ($\mu\text{M L}^{-1}$)					
NO_3^-	H_2PO_4^-	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	NH_4^+	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Zn^{2+}	B^{3+}	Cu^{2+}	Mo^{6+}
13,5	1,5	1,9	5,8	1	0,8	15	30	4	30	0,5	0,02

3.4. MUESTREOS

3.4.1. No destructivos

Semanalmente se realizaron muestreos no destructivos, en los que se determinó mediante tres repeticiones:

- Longitud del tallo, se midió con una cinta métrica comenzando desde la base y acabando en el ápice.
- Número de hojas, donde se contaron las hojas de una longitud superior a 1 cm.
- Contenido relativo de clorofila de las hojas, mediante el medidor de clorofila MC-100 (Apogee Instruments Inc.). Se realizaron mediciones tanto en unidades de índice SPAD como en $\mu\text{mol/m}^2$ de las 4 hojas más desarrolladas. En las fases iniciales al disponerse de menos de 4 hojas se midieron el primer par de hojas verdaderas que presentaban las plantas.

3.4.2. Destructivos

Quincenalmente, durante el ciclo de cultivo se realizaron 4 muestreos destructivos, utilizando 3 repeticiones por cada una de las combinaciones de tratamientos (un total de 42 plantas), en los que se determinó cada quince días se realizó medidas de:

- Peso fresco y seco de cada una de las partes de la planta (hojas, tallos y raíces).
El peso fresco de cada órgano de la planta se determinó por separado mediante la báscula de precisión (Mettler Toledo, AB204-S). En el caso de las raíces, fueron lavadas con agua y secadas ligeramente mediante papel secante de laboratorio antes de ser pesadas.
Una vez se obtuvieron los pesos frescos los órganos de las plantas, se introdujeron en sobres individuales en estufa (Memmert, UF260) a 103°C , hasta peso constante, durante 24 horas, para posteriormente ser pesados de nuevo en la báscula de precisión.

- Longitudes de raíces
Para medir las longitudes de las raíces, estas se extendían junto a una cinta métrica para medir su longitud.
- Contenido relativo de agua
El contenido relativo de agua (CRA) permite conocer el estado fisiológico de la planta y si está sometida a estrés hídrico.

Para ello, de cada planta, se realiza un disco de 1 cm de diámetro de una hoja desarrollada (evitando los bordes de la misma) que se realiza con un sacabocados (Figura 3.9).



Figura 3. 9 Sacabocados

Una vez se obtuvo el disco de la hoja se determinó el peso fresco (Pf) en la balanza de precisión. Acto seguido la muestra se introdujo en tubos Falcon y se sumergió en agua destilada durante 5 h en oscuridad, tiempo en el que esta parte de hoja se ha rehidratado al máximo. En ese instante se pesó para obtener el peso turgente (Pt).

Finalmente, las muestras se secaban en estufa para, más tarde, ser pesadas y obtener el peso seco (Ps) de la muestra.

El CRA que se empleó ha sido la fórmula propuesta por Korkmaz et al. (2010):

$$RWC (\%) = \frac{(Pf - Ps)}{(Pt - Ps)} * 100$$

Valores mayores de CRA indican un mejor estado hídrico de la planta.

- Área foliar
Para obtener el área foliar se empleó como herramienta el programa informático Digimizer (Digimizer versión 5.1, MedCalc Software bvba). Para ello se tomaron fotografías de las hojas desplegadas sobre un fondo blanco y una medida de referencia para poder calibrar la imagen. Con el programa informático se determinó el área correspondiente a cada hoja, así como el área foliar de cada una de las plantas analizadas (cm²).

Además, en el momento de trasplante se realizó un muestreo destructivo para comprobar la homogeneidad del material de partida.

3.5. ÍNDICES CALCULADOS

3.5.1. Materia seca individual

El contenido en materia seca relaciona los pesos secos y frescos de cada órgano de la planta, tal y como se muestra en las siguientes expresiones.

$$Materia\ seca\ de\ hojas = \frac{Peso\ seco\ de\ hojas}{Peso\ fresco\ de\ hojas} \times 100$$

$$Materia\ seca\ de\ tallos = \frac{Peso\ seco\ de\ tallos}{Peso\ fresco\ de\ tallos} \times 100$$

$$Materia\ seca\ de\ raices = \frac{Peso\ seco\ de\ raices}{Peso\ fresco\ de\ raices} \times 100$$

3.5.2. Índice de cosecha

El índice de cosecha presenta la relación entre el peso seco de las hojas, ya que es el órgano de interés de la planta de albahaca, y el peso seco del total de la planta.

$$IC = \frac{Peso\ seco\ hojas}{Peso\ seco\ total}$$

3.5.3. Eficiencia en uso del agua de riego

La eficiencia del uso del agua de riego (EUAR) relaciona el rendimiento obtenido con el volumen de agua aportado en cada caso.

$$EUAR = \frac{Peso\ fresco\ hojas}{Volumen\ de\ agua\ de\ riego}$$

3.6. ESTADÍSTICA

El diseño experimental fue en bloques al azar, con 3 repeticiones. Los resultados fueron analizados mediante análisis multifactorial de la varianza, utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies, 2013). Se realizó la separación de medias mediante el test LSD ($p < 0,05$) cuando un efecto resultó significativo ($p < 0,05$). En todos los casos, previo a la realización del análisis de la varianza se comprobó que las series de datos siguiesen una distribución normal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVOLUCIÓN DEL CULTIVO

Para evaluar la viabilidad de la cáscara de almendra como sustrato para cultivo de albahaca en contenedor, se ha analizado la evolución de los distintos parámetros determinados en los muestreos, tanto destructivos como no destructivos, a lo largo de todo el ciclo de cultivo. Además, se analizan las posibles diferencias estadísticas en el último muestreo realizado.

4.1.1. Muestreos no destructivos

4.1.1.1. Altura de las plantas

En la figura 4.1. se muestra la evolución de la altura de la planta, pudiéndose observar un crecimiento muy similar en todos los sustratos hasta los 12 DDT, una vez transcurridos 44 días se aprecia menor altura en las plantas cultivadas con cáscara de almendra (S-50 y S-20).

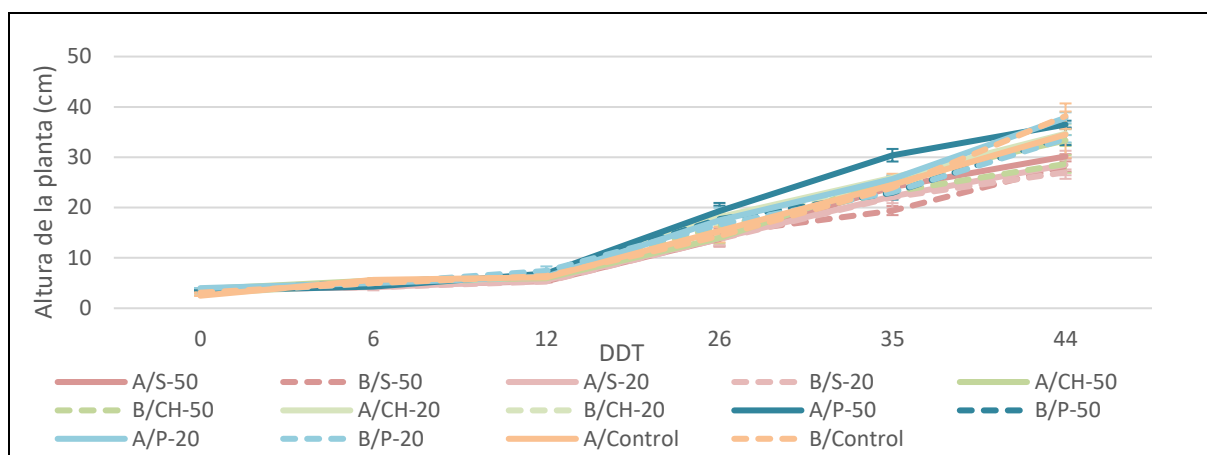


Figura 4. 1 Evolución de la altura de la planta a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

Respecto a las estrategias de riego se pudo observar como los sustratos de la estrategia A condujeron a una mayor altura de las plantas (Figura 4.2).



Figura 4. 2 Fotografía comparativa del estado de las estrategias de riego. En la parte superior estrategia de riego A y en la inferior B. Sustratos: S: Cáscara; P: Perlita; CH: Fibra de coco.

En cuanto al análisis estadístico de los valores correspondientes al último muestreo (Tabla 4.1) se observó que el factor sustrato fue el que más afectó ($p \leq 0,01$; representando el 26% de la variabilidad), siendo las plantas cultivadas con cáscara de almendra las que alcanzaron una menor altura. La altura de las plantas cultivadas con perlita y fibra de coco alcanzaron una altura similar a las plantas obtenidas por Ribera (2017), con una altura media de 33.4 cm. Otro factor que afectó significativamente a la altura de la planta, ($p \leq 0,01$), fue el riego, representando el 17% de la variabilidad, indicando que las plantas regadas mediante la estrategia de riego A alcanzaron una altura significativamente superior. El porcentaje de cada sustrato empleado no tuvo un efecto significativo sobre la altura de las plantas. Además, ninguna de las interacciones resultó estadísticamente significativa.

Tabla 4. 1 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre la altura de la planta. Valor medio de 3 repeticiones.

Altura de la planta (cm)	
Sustrato (S)	
Fibra de coco	34.62 a
Perlita	33.44 a
Cáscara	29.50 b
Porcentaje (P)	
0	33.40
20	31.85
50	32.31
Riego (R)	
A	34.29 a
B	30.75 b
Análisis de la varianza	
Factores (g.l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados
Sustrato (2)	25.78 **
Porcentaje (2)	1.80 ns
Riego (1)	16.81 **
S*P (4)	15.93 ns
S*R (2)	2.11 ns
P*R (4)	0.21 ns
S*P*R (4)	1.81 ns
Residual (24)	35.55
Desviación estándar	2.99

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; **: nivel de significación p valor $\leq 0,01$. g.l: grados de libertad.

4.2.1.2. Número de hojas

Es apreciable en la Figura 4.3 que destacan las plantas cultivadas con perlita y regadas con la estrategia A y B/CH-50. También se ve que el mayor incremento del número de hojas se dio a partir de 35 DDT.

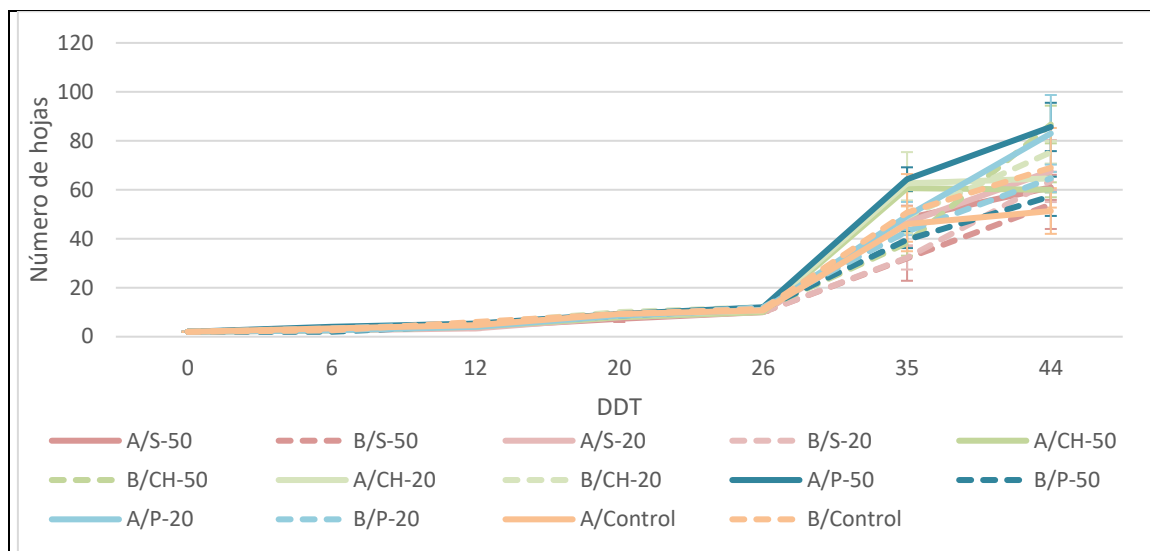


Figura 4. 3 Evolución de número de hojas a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

En lo relativo al análisis estadístico de los valores correspondientes al último muestreo (Tabla 4.2) se aprecia como el factor sustrato es significativo a un nivel de significación del 95%, (representando el 17% de la variabilidad) siendo las plantas cultivadas con cáscara de almendra las que alcanzaron menor número de hojas. El número medio de hojas obtenido en este experimento (66 hojas) es equivalente al obtenido por Ribera (2017; 64 hojas), aunque las plantas cultivadas sobre cáscara de almendra obtuvieron menos hojas (55 hojas) que en el experimento anterior (78 hojas). El factor riego y porcentaje en la composición del sustrato no ha manifestado influencia sobre el número de hojas.

El número de hojas se vio afectado principalmente ($p \leq 0,01$, representando un 24% de la variabilidad) por la interacción del sustrato con la estrategia de riego, dado que con la estrategia B se obtuvieron más hojas en las plantas cultivadas con fibra de coco (88 hojas) que con los otros sustratos (60 hojas en perlita y 55 hojas en cáscara de almendra), sin diferencias entre estas. Sin embargo, con la estrategia de riego A, se obtuvieron mayor número de hojas utilizando perlita (78 hojas) que utilizando fibra de coco (60 hojas) o cáscara de almendra (54 hojas).

Tabla 4. 2: Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el número de hojas. Valor medio de 3 repeticiones.

Número de hojas			
Sustrato (S)			
	Fibra de coco	73.61	a
	Perlita	69.11	a
	Cáscara	54.72	b
Porcentaje (P)			
	0	60.17	
	20	69.83	
	50	67.44	
Riego (R)			
	A	64.00	
	B	67.63	
Análisis de la varianza			
Factores (g.l.)		Porcentaje de la suma de cuadrados	
Sustrato (2)		16.89	*
Porcentaje (2)		3.38	ns
Riego (1)		0.86	ns
S*P (4)		6.50	ns
S*R (2)		23.51	**
P*R (4)		4.60	ns
S*P*R (4)		2.48	ns
Residual (24)		41.78	
Desviación estándar		14.72	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; *: nivel de significación p valor $\leq 0,05$; **: nivel de significación p valor $\leq 0,01$. g.l.: grados de libertad.

4.2.1.3. Concentración de clorofilas

La concentración de clorofilas se ha determinado tanto en unidades de Índice SPAD, como en $\mu\text{mol m}^{-2}$. En ambos casos (Figura 4.4) se puede apreciar que no existe variación importante en los primeros 26 DDT, pero los dos últimos muestreos presentaron un índice superior a los registrados anteriormente, mostrando un pico y estabilizándose finalmente, presentando las plantas cultivadas con perlita los mayores valores.

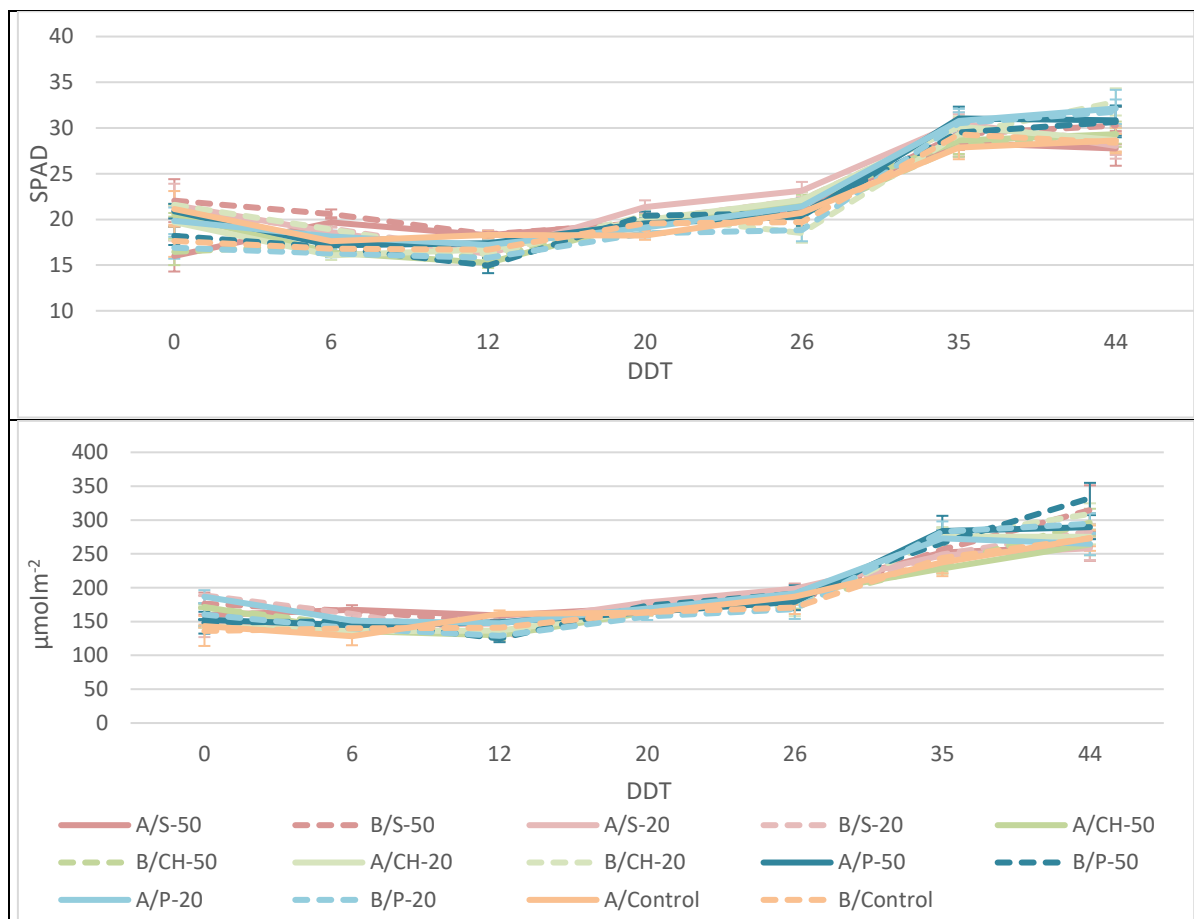


Figura 4. 4 Evolución de la concentración de clorofilas, en unidades de índice SPAD y en μmolm^{-2} a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

Respecto al análisis estadístico de los valores correspondientes al último muestreo (Tabla 4.3), ninguno de los tres factores analizados afectaron significativamente ($p \leq 0,05$) al contenido de clorofilas en las hojas de albahaca, tal y como ocurrió en el estudio presentado por Ribera (2017).

Tabla 4. 3: Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre la concentración de clorofilas en las hojas en unidades del índice SPAD y $\mu\text{mol m}^{-2}$. Valor medio de 3 repeticiones.

		SPAD	$\mu\text{mol m}^{-2}$	
Sustrato (S)				
	Fibra de coco	30.11	292.72	
	Perlita	30.18	279.04	
	Cáscara	28.53	275.12	
Porcentaje (P)				
	0	28.51	273.15	
	20	30.62	280.81	
	50	29.70	292.91	
Riego (R)				
	A	29.18	270.19	
	B	30.04	294.39	
Análisis de la varianza				
Factores (g.l.)	Porcentaje de suma de cuadrados			
Sustrato (2)	7.59	ns	3.21	ns
Porcentaje (2)	8.78	ns	3.97	ns
Riego (1)	2.39	ns	8.24	ns
S*P (4)	5.95	ns	12.07	ns
S*R (2)	6.35	ns	0.91	ns
P*R (4)	2.82	ns	3.61	ns
S*P*R (4)	4.92	ns	2.15	ns
Residual (24)	61.20		65.84	
Desviación estándar	2.51		39.72	

ns: no significativo; g.l.: grados de libertad

4.2.2. Muestreos destructivos

4.2.2.2. Longitud de raíces

Respecto a la longitud de raíces (Figura 4.5), existió un crecimiento muy homogéneo hasta 26 DDT, cuando se alcanzó su longitud máxima. Hay que tener en cuenta que la determinación de la longitud de las raíces, implica su lavado, lo que es dificultoso. Por una parte, las raíces se rompen con facilidad, por lo que hay que manipularlas con sumo cuidado para evitar en gran medida estas pérdidas. Por otra parte, el sustrato queda fuertemente adherido a las raíces, por lo que la eliminación total del mismo es complicada, especialmente si se intenta evitar la rotura de las raíces. El lavado de las raíces fue siempre hecho por la misma persona, por lo que el error en la medida se puede considerar equivalente en todos los sustratos, y por tanto válido para un estudio comparativo, como es el que aquí se presenta.

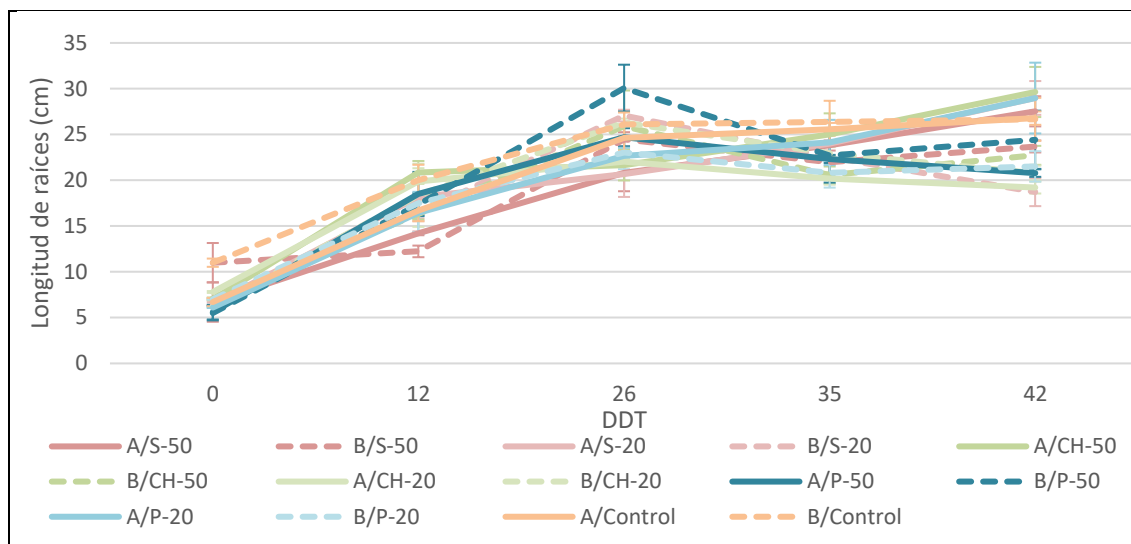


Figura 4. 5 Evolución de longitud de las raíces a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

Por lo que corresponde al análisis estadístico de los valores correspondientes al último muestreo (Tabla 4.4) ha resultado significativo el factor riego ($p \leq 0,5$, representando el 7% de la variabilidad), siendo las raíces de las plantas regadas con la estrategia de riego A de mayor longitud a las regadas con la estrategia B. En todos los casos, las longitudes de las raíces superan a las obtenidas por Ribera (2017; longitud máxima de 22.5 cm)

Además, dos interacciones resultaron estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$). Por una parte, la interacción triple entre los tres factores (representando el 20% de la variabilidad) consecuencia probablemente del difícil manejo de las raíces. La segunda interacción con significación estadística fue entre sustrato y porcentaje, debido a que las plantas control produjeron unas raíces de mayor longitud que las plantas con 50% de perlita, pero esto no sucedió en los otros sustratos.

Tabla 4. 4 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre la longitud de raíces. Valores medios de 3 repeticiones.

		Longitud raíces (cm)	
Sustrato (S)			
	Fibra de coco	23.68	
	Perlita	25.72	
	Cáscara	25.16	
Porcentaje (P)			
	0	26.73	
	20	23.03	
	50	24.80	
Riego (R)			
	A	26.17	a
	B	23.54	b
Análisis de la varianza			
Factores (g.l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados		
Sustrato (2)	2.94	ns	
Porcentaje (2)	8.48	ns	
Riego (1)	6.90	*	
S*P (4)	16.52	ns	
S*R (2)	6.06	*	
P*R (4)	4.75	ns	
S*P*R (4)	19.93	*	
Residual (24)	34.41		
Desviación estándar	3.41		

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; *: nivel de significación p valor $\leq 0,05$; g.l.: grados de libertad

4.2.2.3. Peso fresco

En la Figura 4.6 se puede observar la evolución creciente del peso fresco de hojas, tallos y el del total de la planta (suma de todas sus partes), mientras que el aumento de peso fresco de las raíces es menor.

Por lo general se puede percibir que las plantas regadas con la estrategia de riego A obtuvieron mayores pesos frescos que las regadas con la estrategia B. En este caso es de especial interés el peso fresco de las hojas puesto que es el órgano de interés para el consumo. Por lo que distinguiendo los pesos obtenidos con cáscara de almendra con estrategia de riego A se puede apreciar que la S-20 (77 g) obtuvo valores muy próximos a los sustratos comerciales que a su vez obtuvieron mayores pesos (P-50: 89 g; P-20: 88 g; Control:84 g).

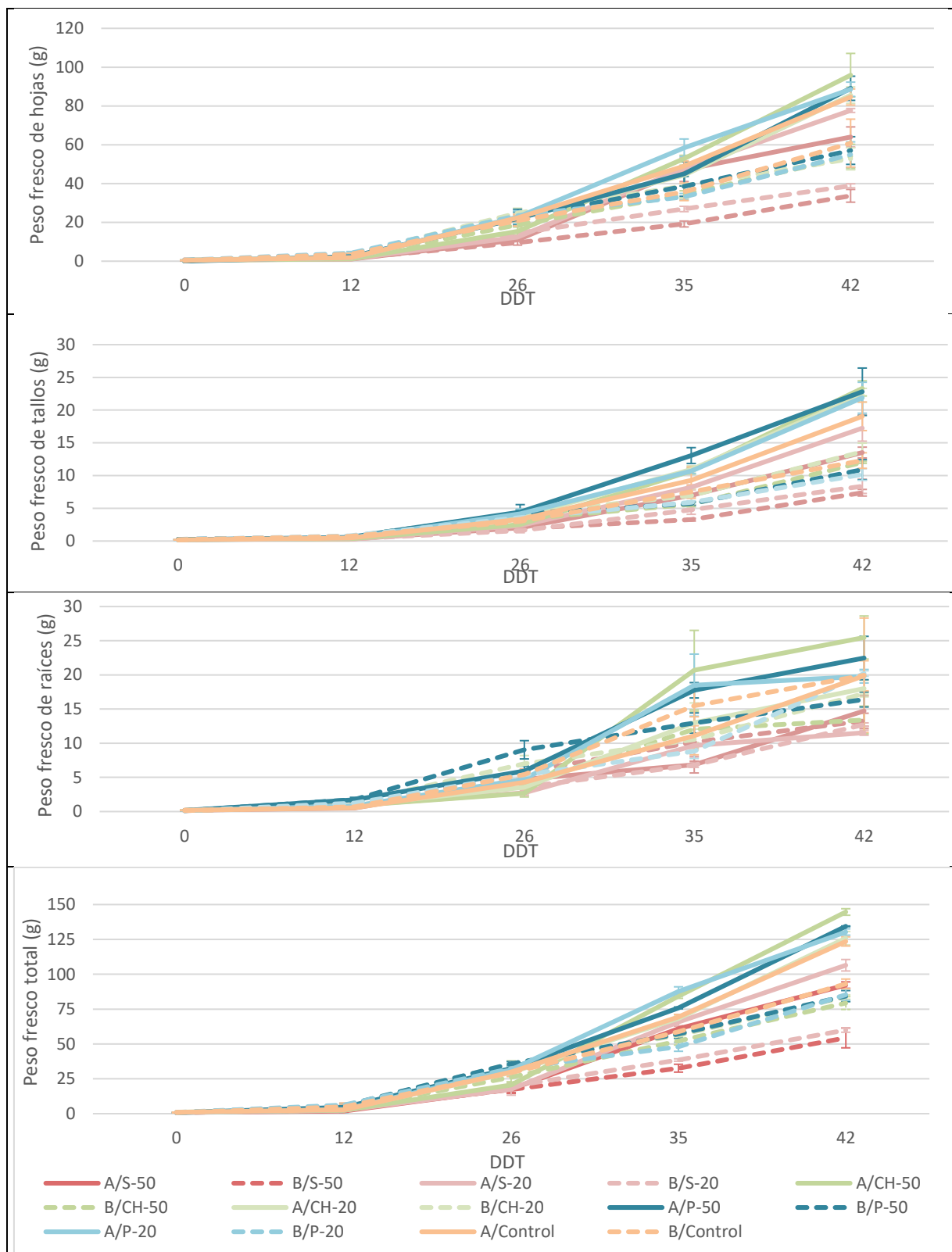


Figura 4. 6 Evolución del peso fresco a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

En cuanto al análisis estadístico de los valores del último muestreo (Tabla 4.5) el riego representa el 57% de la variabilidad en el caso del peso fresco total de la planta. Los mayores pesos frescos se alcanzan con la estrategia de riego A, indicando que el cultivo responde al mayor aporte hídrico.

El siguiente factor en importancia resultó el sustrato utilizado ($p \leq 0,01$ en todos los casos), representando un 8% en hojas, 10% en tallos, un 33% en raíces y un 12% en el peso fresco total de la planta. El cultivo con cáscara de almendra en el sustrato llevó a menor peso fresco de tallos y raíces, así como del total de la planta. Sin embargo, el peso fresco de las hojas no se vio afectado negativamente por la utilización de este sustrato. Dado que el consumo de la albahaca corresponde a las hojas en fresco, a la vista de estos resultados, se puede afirmar la cáscara de almendra puede ser utilizada como sustrato para cultivo de albahaca en contenedores. Las plantas han presentado un menor peso fresco (tanto total, como de cada una de sus partes) que los resultados presentados por Ribera (2017) en el que el valor medio del peso de la planta fue de 172.63 g.

El porcentaje utilizado en la composición del sustrato no ha afectado estadísticamente a estos parámetros a un nivel de significación de 0,05. La interacción porcentaje y riego resultó significativa para el peso fresco de las raíces ($p \leq 0,01$, representando un 14% de la variabilidad), lo que podría estar relacionado con el manejo de las raíces, como ya se ha mencionado.

Tabla 4. 5 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre los pesos frescos de los órganos de la planta y total de la planta. Valores medios de 3 repeticiones.

		Pf hojas (g)		Pf tallos (g)		Pf raíces (g)		Pf total (g)	
Sustrato (S)									
	Fibra de coco	69.51		17.52	a	18.23	a	105.26	a
	Perlita	74.79		15.67	a	20.38	a	110.85	a
	Cáscara	60.44		13.06	b	13.84	b	87.34	b
Porcentaje (P)									
	0	72.73		15.67		18.24		106.64	
	20	66.41		15.59		16.59		98.59	
	50	65.61		14.99		17.62		98.22	
Riego (R)									
	A	83.85	a	19.80	a	19.07	a	122.72	a
	B	52.64	b	11.03	b	15.90	b	79.58	b

Análisis de la varianza

Factores (g.l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados							
Sustrato (2)	8.00	ns	10.17	**	32.52	**	12.24	**
Porcentaje (2)	1.67	ns	0.38	ns	2.20	ns	1.32	ns
Riego (1)	55.39	**	58.34	**	11.02	**	56.65	**
S*P (4)	7.36	ns	5.34	ns	3.05	ns	6.08	ns
S*R (2)	4.41	ns	3.35	ns	4.55	ns	4.50	ns
P*R (4)	1.12	ns	1.09	ns	14.21	**	1.31	ns
S*P*R (4)	4.88	ns	3.26	ns	4.43	ns	4.12	ns
Residual (24)	17.16		18.07		28.03		13.78	
Desviación estándar	10.09		2.83		2.93		12.36	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; **: nivel de significación p valor $\leq 0,01$; g.l.: grados de libertad

4.2.2.4. Peso seco

En el peso seco (Figura 4.7) puede apreciarse un comportamiento similar al de peso fresco, en la que por lo general la estrategia de riego A ha obtenido mayores valores que B, además de que en las raíces se observan resultados similares a los del peso fresco.

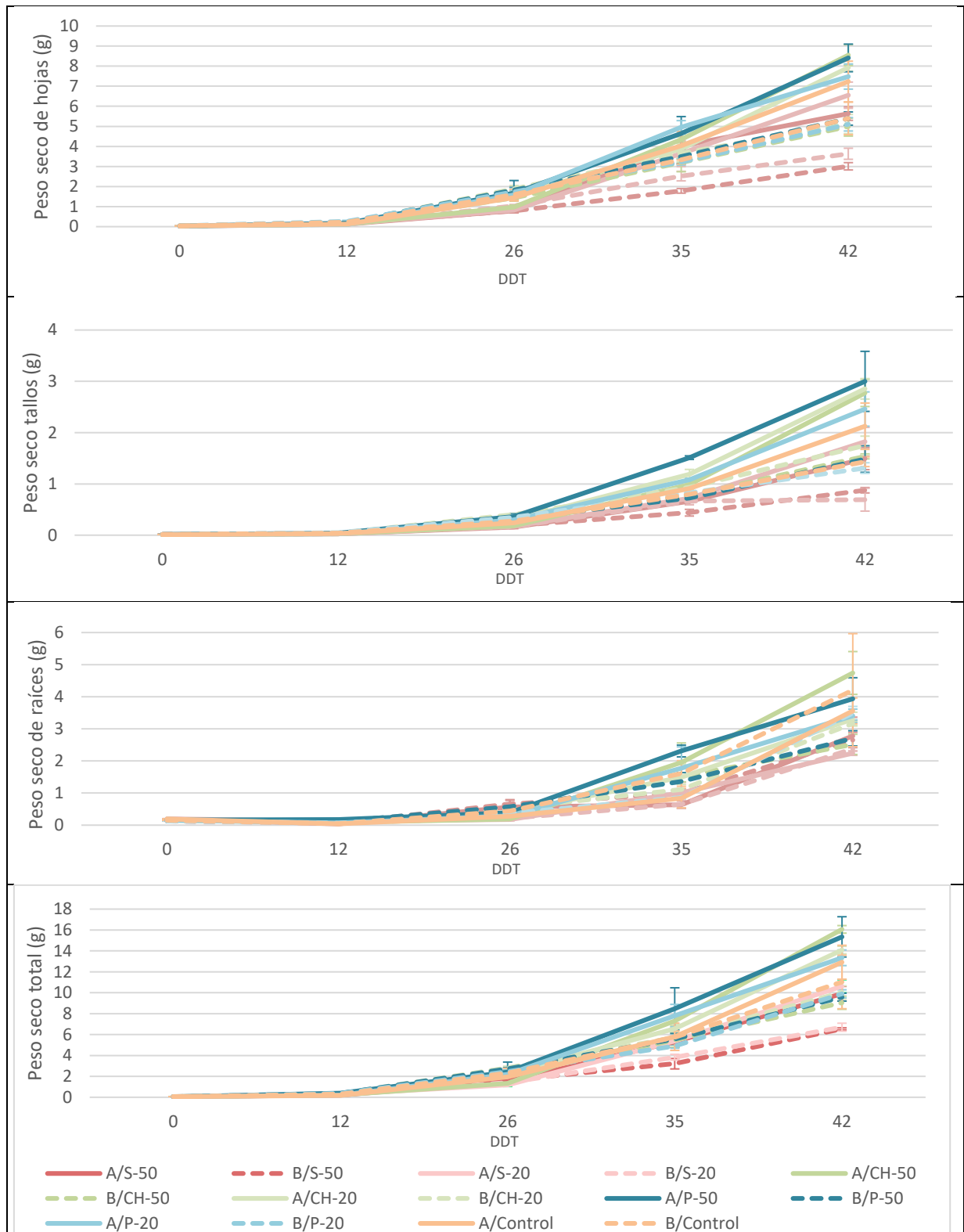


Figura 4. 7 Evolución del peso seco a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

Respecto al análisis de estadístico correspondiente a los valores del último muestreo de los pesos secos (Tabla 4.6) se debe destacar la influencia del factor riego ($p \leq 0,01$; representando el 50% de la variabilidad en el peso seco de las hojas y el 45% del peso seco total total). Como puede observarse en la Figura 4.6. los valores obtenidos con las plantas regadas con la estrategia A son significativamente superiores a las regadas con la estrategia B.

El factor sustrato también ha afectado significativamente ($p \leq 0,01$; 21% de la variabilidad del peso seco total) a los distintos pesos secos presentados, obteniendo menores pesos secos, tanto en el peso total como de cada una de sus partes, en las plantas cultivadas con cáscara de almendra. Como en el caso del peso fresco, los valores de peso seco resultaron inferiores a los obtenidos por Ribera (2017; 18.6 g peso seco medio del total de la planta). El porcentaje de sustrato utilizado no resultó significativo para ninguno de los pesos secos estudiados.

La interacción de los factores sustrato y riego resultó significativa tanto para el peso seco de las hojas como del total de la planta. En el caso de las hojas, al regar las plantas con la estrategia de riego A, las plantas cultivadas con fibra de coco produjeron mayor peso seco (8.56 g) que las cultivadas con perlita (7.51 g) y éstas a su vez, mayor peso seco que las cultivadas con cáscara de almendra (6.01 g). En cambio, en las plantas regadas con la estrategia B, el peso seco obtenido con fibra de coco (4.63 g) no difirió del de la perlita (5.56 g) ni del de la cáscara (4.29 g). En cuanto al peso seco total, se observa que mediante la aplicación de la estrategia de riego A se obtuvo un menor peso seco con la cáscara de almendra (7.81 g) que con los otros sustratos (15.34 g con fibra de coco y 13.76 g con perlita). Sin embargo, con la estrategia B, el peso seco con la cáscara alcanzó 7.81 g, que no difiere ($p \leq 0,05$) del obtenido con fibra de coco (8.81 g), que a su vez no difiere del obtenido con perlita (10.33 g).

La interacción entre porcentaje y riego resultó estadísticamente significativa ($p \leq 0,01$, representando un 12% de la variabilidad) para el peso seco de las raíces, aunque probablemente esta interacción esté relacionada con el manejo de las mismas. El peso seco de las hojas también se vio afectado por la interacción de los tres factores estudiados.

Tabla 4. 6 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre los pesos secos de los órganos de la planta y total de la planta. Valores medios de 3 repeticiones.

Pesos de los órganos de la planta y total de la planta. Valores medios de 3 repeticiones.									
		Ps hojas (g)		Ps tallos (g)		Ps raíces (g)		Ps total (g)	
Sustrato (S)									
	Fibra de coco	6.59	a	2.21	a	3.27	a	12.08	a
	Perlita	6.53	a	1.89	a	3.63	a	12.05	a
	Cáscara	5.15	b	1.36	b	2.54	b	9.04	b
Porcentaje (P)									
	0	6.31		1.78		3.22		11.31	
	20	5.97		1.81		3.00		10.78	
	50	6.00		1.86		3.22		11.08	
Riego (R)									
	A	7.36	a	2.31	a	3.45	a	13.12	a
	B	4.82	b	1.33	b	2.84	b	8.99	b
Análisis de la varianza									
Factores (g.l.)		Porcentaje de la suma de cuadrados							
Sustrato (2)		13.76	**	20.04	**	23.79	**	21.25	**
Porcentaje (2)		0.55	ns	0.18	ns	1.81	ns	0.50	ns
Riego (1)		49.78	**	38.77	**	11.03	**	44.89	**
S*P (4)		5.38	ns	5.94	ns	6.47	ns	2.67	ns
S*R (2)		7.62	**	3.91	ns	6.18	ns	7.92	**
P*R (4)		1.63	ns	1.20	ns	12.05	*	2.61	ns
S*P*R (4)		7.30	*	4.49	ns	5.07	ns	5.65	ns
Residual (24)		13.97		25.47		33.60		14.50	
Desviación estándar		0.78		0.46		0.63		1.37	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; *: nivel de significación p valor $\leq 0,05$; **: nivel de significación p valor $\leq 0,01$; g.l.: grados de libertad

4.2.2.5. Contenido relativo de agua

Se puede apreciar en la figura 4.8. como la evolución del contenido relativo de agua no presenta importantes oscilaciones; los valores más elevados corresponden a los sustratos Perlita y Control.

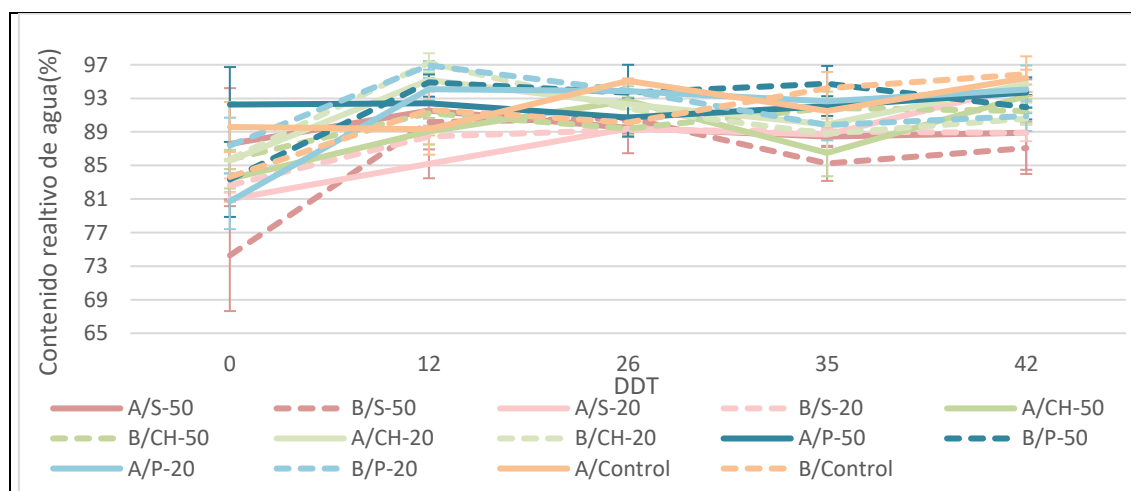


Figura 4. 8 Evolución de contenido relativo de agua (RWC; %) a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

En cuanto al análisis de estadístico correspondiente a los valores del último muestreo del contenido relativo de agua, ninguno de los factores analizados, ni sus interacciones, afectó al contenido relativo de agua (Tabla 4.7; $p \leq 0,05$), por lo que se puede indicar que ninguno de los tratamientos analizados supuso un estrés hídrico para la planta.

Tabla 4. 7 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el contenido relativo de agua (CRA). Valores medios de 3 repeticiones.

		CRA (%)
Sustrato (S)		
	Fibra de coco	94.18
	Perlita	92.63
	Cáscara	92.75
Porcentaje (P)		
	0	95.64
	20	92.85
	50	91.07
Riego (R)		
	A	94.32
	B	92.06
Análisis de la varianza		
Factores (g.l.)	Porcentaje de la suma de cuadrados	
Sustrato (2)	2.15	ns
Porcentaje (2)	13.19	ns
Riego (1)	5.58	ns
S*P (4)	13.04	ns
S*R (2)	1.13	ns
P*R (4)	6.95	ns
S*P*R (4)	2.93	ns
Residual (24)	55.02	
Desviación estándar	4.14	

ns: no significativo; g.l.: grados de libertad

4.2.2.6. Área foliar

El área foliar (Figura 4.9) creció continuamente durante todo el ciclo de la planta, existiendo una clara diferencia entre las estrategias de riego A y B, siendo la primera claramente superior.

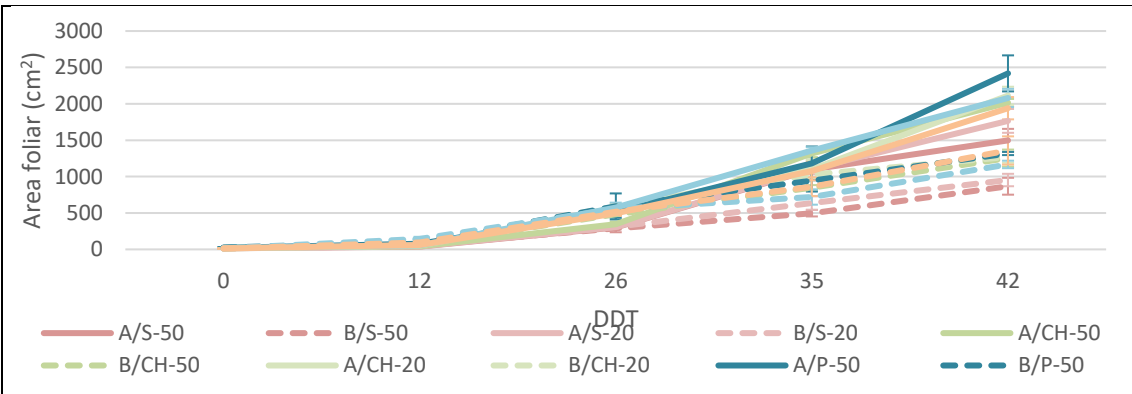


Figura 4. 9 Evolución del área foliar en centímetros cuadrados a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P:Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.



Figura 4. 10 Fotografías comparativas del estado del cultivo entre sustratos y estrategias de riego A y B. Sustratos: S: Cáscara; P: Perlita; CH: Fibra de coco.

En cuanto al análisis estadístico de los valores del último muestreo (Tabla 4.8) el factor con mayor influencia, como en los casos anteriores, fue el riego ($p \leq 0,01$, representando el 60% de la variabilidad) siendo mayor el área foliar de las plantas regadas con la estrategia A (Figura 4.10). Dado que el número de hojas (Tabla 4.2) no difiere significativamente entre las estrategias de riego, se puede interpretar que el número de hojas obtenidas con la estrategia A tuvieron un mayor tamaño. También resultó significativo el factor sustrato ($p \leq 0,01$, representando un 10% de variabilidad) siendo menores los valores de las plantas cultivadas sobre cáscara de almendra. El porcentaje de sustrato empleado no afectó significativamente (95%) al área foliar. Los valores de área foliar obtenidos por Ribera (2017; en promedio 1693 cm^2) se encuentran dentro del rango obtenido en este TFG.

Tabla 4. 8 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el área foliar. Valores medios de 3 repeticiones.

		Área foliar (cm ²)	
Sustrato (S)			
	Fibra de coco	1637.07	a
	Perlita	1749.14	a
	Cáscara	1383.17	b
Porcentaje (P)			
	0	1649.44	
	20	1558.2	
	50	1561.75	
Riego (R)			
	A	1967.65	a
	B	1211.94	b
Análisis de la varianza			
Factores (g.l.)		Porcentaje de la suma de cuadrados	
Sustrato (2)		9.85	**
Porcentaje (2)		0.54	ns
Riego (1)		59.98	**
S*P (4)		5.78	ns
S*R (2)		3.23	ns
P*R (4)		1.17	ns
S*P*R (4)		4.65	ns
Residual (24)		14.81	
Desviación estándar		218.13	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; **: nivel de significación p valor $\leq 0,01$, g.l.: grados de libertad.

4.2.3. Índices obtenidos

4.2.3.1. Contenido de materia seca

Los primeros valores del contenido en materia seca de las hojas (figura 4.11) están entre 5% y 10%. Más tarde (26 DDT), se registró una subida que posteriormente tendió a estabilizarse en valores en torno a 10-12%, sin diferencias apreciables entre sustratos o estrategias de riego.

En cuanto a la materia seca de los tallos, se puede apreciar un incremento continuado a lo largo del ciclo del cultivo, presentando una cierta uniformidad, en torno al 10-14%, al final del ciclo (42 DDT).

En cuanto a la materia seca de raíces (figura 4.11) se puede apreciar un incremento continuado hasta los 26 DDT, estabilizándose a partir de ese momento. Finalmente, la materia seca de las raíces de las plantas regadas con la estrategia de riego A ha sido la que mayores valores ha presentado, siendo superiores los valores de CH-50, P-50, S-50 y Control a los del resto de sustratos y de la estrategia de riego B.

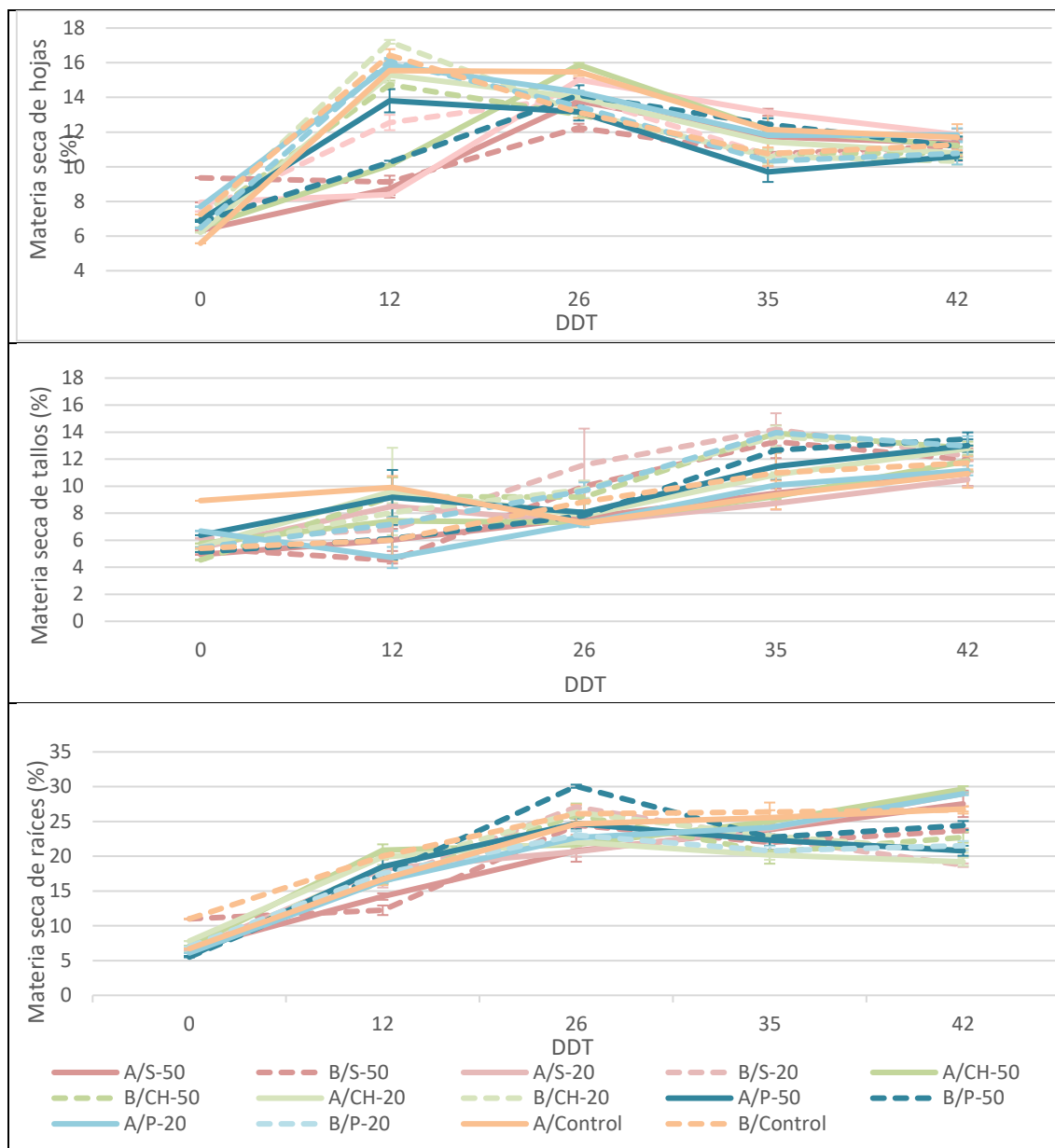


Figura 4. 11Evolución de los valores medios de materia seca a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones. Las barras verticales representan el error estándar.

Sobre el análisis estadístico de los datos del último muestreo (Tabla 4.9) el sustrato es el factor que más influencia ha presentado ($p \leq 0,05$, representando el 20% de la variabilidad, tanto en el contenido de materia seca de las hojas como en el de los tallos). La materia seca de las hojas de las plantas cultivadas con fibra de coco fue superior a la de las plantas cultivadas con perlita y con cáscara de almendra. El contenido en materia seca de las hojas fue ligeramente inferior al presentado por Ribera (2017; 10% en promedio).

El contenido en materia seca de los tallos producidos con fibra de coco fue superior al obtenido con los otros sustratos, sin diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) con respecto a la perlita y con diferencias estadísticamente significativas con respecto a la cáscara de almendra.

Otro factor que resultó significativo fue el riego ($p \leq 0,05$, representando un 9% de la variabilidad), siendo el contenido en materia seca de las hojas obtenidos con la estrategia de riego B significativamente superior al de las plantas regadas con la estrategia A.

En este análisis, ni el porcentaje de sustrato utilizado, ni ninguna de las interacciones, resultó significativo ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. 9 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre las materias secas. Valores medios de 3 repeticiones.

		MS hojas (%)		MS tallos (%)		MS raíces (%)	
Sustrato (S)							
	Fibra de coco	9.62	a	12.65	a	17.87	
	Perlita	8.83	b	12.07	ab	17.75	
	Cáscara	8.65	b	10.47	b	18.87	
Porcentaje (P)							
	0	8.80		11.33		17.95	
	20	9.11		11.52		18.21	
	50	9.19		12.34		18.33	
Riego (R)							
	A	8.76	b	11.45		18.14	
	B	9.31	a	12.01		18.18	
Análisis de la varianza							
Factores (g.l.)		Porcentaje de la suma de cuadrados					
Sustrato (2)		20.10	*	19.57	*	9.42	ns
Porcentaje (2)		2.42	ns	5.71	ns	0.76	ns
Riego (1)		8.87	*	1.79	ns	0.01	ns
S*P (4)		17.37	ns	8.26	ns	17.95	ns
S*R (2)		1.44	ns	0.76	ns	7.79	ns
P*R (4)		2.51	ns	0.99	ns	0.63	ns
S*P*R (4)		2.29	ns	5.45	ns	19.45	ns
Residual (24)		45.01		57.46		43.99	
Desviación estándar		0.73		1.83		1.27	

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test LSD. ns: no significativo; *: nivel de significación p valor $\leq 0,05$; g.l.: grados de libertad

4.2.3.2. Índice de cosecha

En la figura 4.12 se presenta la evolución del índice de cosecha, que como se puede apreciar presenta ciertas oscilaciones entre muestreos, aunque en valor medio las hojas representes en torno al 59% del peso total de la planta, sin grandes variaciones a lo largo del ciclo de cultivo.

En líneas generales, y como en los parámetros analizados anteriormente, puede apreciarse como las plantas regadas con la estrategia de riego A presenta unos valores superiores que las regadas con la estrategia B.

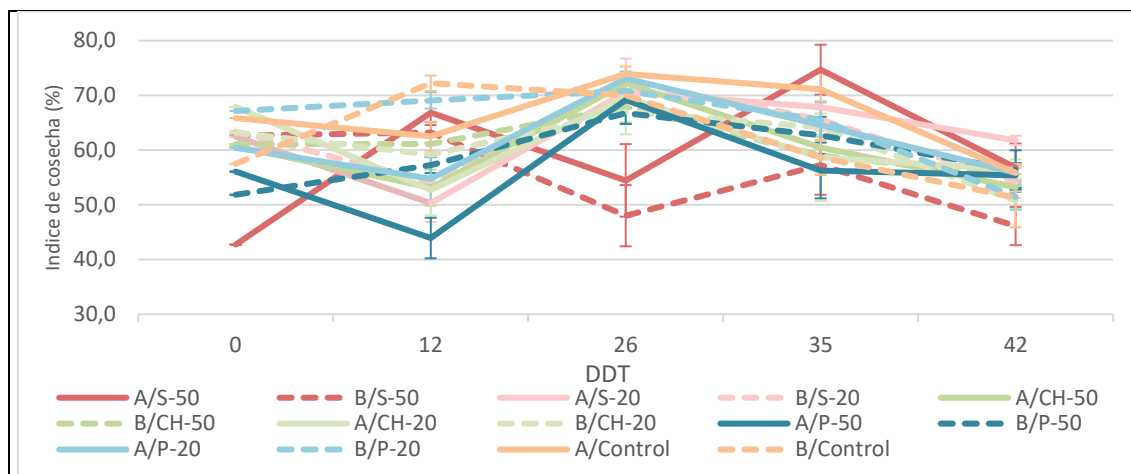


Figura 4. 12 Evolución de los valores medios del índice de cosecha a lo largo del ciclo de cultivo para los distintos sustratos. DDT: días después del trasplante; A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones.

Respecto al análisis estadístico de los datos del último muestreo (Tabla 4.10), ninguno de los factores analizados, ni sus interacciones afectaron significativamente (con un nivel de significación de 0,05) al índice de cosecha. Como en los parámetros anteriores, los valores obtenidos en este estudio son inferiores a los obtenidos por Ribera (2017; 0.63 – en promedio)

Tabla 4. 10 Efecto del sustrato ensayado, del porcentaje del mismo y de la estrategia de riego aplicada sobre el índice de cosecha. Valores medios de 3 repeticiones.

IC (-)		
Sustrato (S)		
	Fibra de coco	0.54
	Perlita	0.54
	Cáscara	0.56
Porcentaje (P)		
	0	0.56
	20	0.55
	50	0.54
Riego (R)		
	A	0.56
	B	0.53
Análisis de la varianza		
Factores (g.l)	Porcentaje de la suma de cuadrados	
Sustrato (2)	2.81	ns
Porcentaje (2)	2.17	ns
Riego (1)	8.49	ns
S*P (4)	17.04	ns
S*R (2)	2.63	ns
P*R (4)	4.45	ns
S*P*R (4)	13.60	ns
Residual (24)	48.80	ns
Desviación estándar	0.04	

. ns: no significativo; g.l.: grados de libertad.

4.3. RIEGO

Los volúmenes aportados durante todo el ciclo de cultivo (44 días) se presentan en la Figura 4.13.

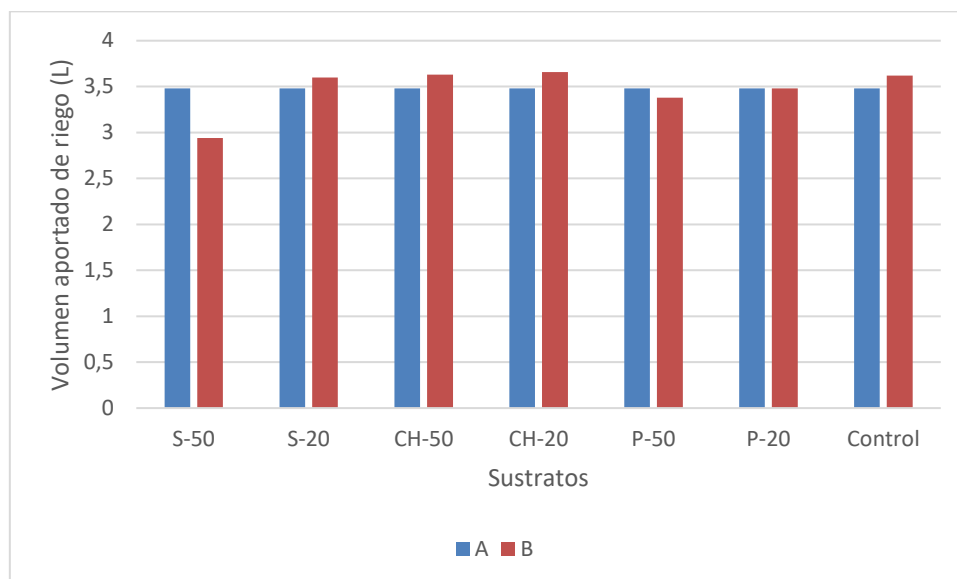


Figura 4. 13 Gráfica comparativa de volúmenes totales aportados entre estrategias de riego.

La estrategia de riego A supuso un aporte de 3.5 L planta⁻¹. La aplicación de la estrategia de riego B, implicó incrementar ligeramente este aporte en las plantas cultivadas con fibra de coco, en las plantas control y en S-20. Sin embargo, las plantas con 50% de perlita, y especialmente 50% de almendra, recibieron menos agua. Esta última permitió ahorrar hasta un 11% de agua de riego, comparado con la estrategia A. Los resultados obtenidos con la cáscara de almendra están de acuerdo con el hecho de que una de las características de los subproductos de la almendra es su baja retención de agua (Urrestarazu y Salas, 2004), por lo que se exigían menores dosis de riego para obtener un drenaje entre el 15% y el 20% de la dosis aportada, que en los otros sustratos. Dado que el riego era diario en todos los casos, y teniendo en cuenta que la dosis diaria era menor en S-50, el volumen total aportado fue menor. Cuando el porcentaje de almendra disminuyó hasta el 20%, su influencia respecto a la turba fue menor, y la dosis aportada no sólo no se vio reducida, si no que aumentó con respecto a la estrategia A.

4.3.1. Eficiencia en el uso del agua de riego

Como se puede apreciar en la Figura 4.14 la eficiencia en el uso del agua de riego con la estrategia A fue claramente superior frente a la estrategia B, debido por una parte a los mayores rendimientos (peso fresco de hojas) obtenidos y en algunos casos, al menor volumen de agua aportado. No se detectó ningún síntoma de salinidad en las plantas correspondientes a ningún tratamiento ensayado, y tampoco existieron diferencias notables entre los valores de conductividad eléctrica del drenaje de los distintos tratamientos.

El ahorro de agua que supuso la utilización del 50% de cáscara de almendra, no se vio reflejada en un aumento de la eficiencia en el uso del agua de riego, debido a la disminución que supuso en el rendimiento. La eficiencia en el uso del agua de riego fue similar para ambos porcentajes ensayados. Dado que el peso fresco de las hojas no se vio reducido por la utilización de la cáscara de almendra, ni se encontraron diferencias entre los porcentajes ensayados, así como tampoco las hubo en la EUAR, ni las plantas presentaron ningún síntoma de salinidad, se podría recomendar la utilización de un sustrato con el 50% de cáscara de almendra para el cultivo

de albahaca en contenedor, al posibilitar un ahorro de agua, un ahorro de turba y una valorización de la cáscara de almendra.

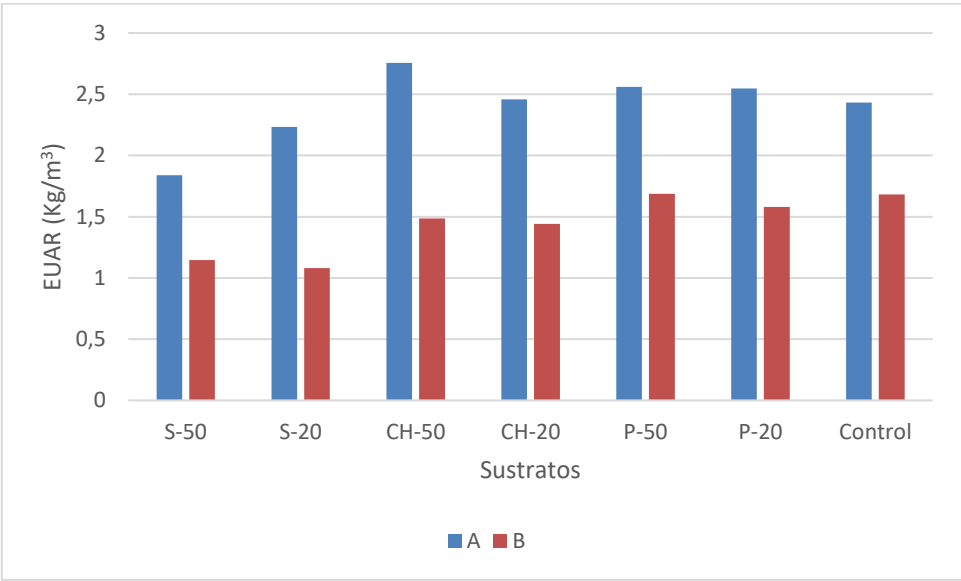


Figura 4. 14 Gráfico de barras comparativo entre la eficiencia del agua de riego (EUAR) de la estrategia de riego automatizada (A) y la estrategia de riego ajustada a las necesidades del cultivo (B). A o B la estrategia de riego empleada; Sustratos: S: Cáscara, CH: Fibra de coco, P: Perlita y Control; y Porcentaje de sustrato: 20 o 50%. Valores medios de 3 repeticiones.

5. CONCLUSIONES

- La cáscara de almendra puede ser utilizada como sustrato para el cultivo de albahaca en contenedor, dado que su uso no afecta al peso fresco de las hojas, que son la parte aprovechable de la planta.
- Dado que el porcentaje de cáscara de almendra utilizado como sustrato no afecta negativamente a los parámetros analizados, y que la utilización de un sustrato con el 50% de cáscara de almendra, podría suponer un ahorro de agua, además de un ahorro en turba y un mejor aprovechamiento de un subproducto, se recomendaría la utilización de este porcentaje para el cultivo de albahaca en contenedor.
- La estrategia de riego influye de manera importante en los diferentes parámetros analizados, permitiendo alcanzar valores superiores en la estrategia de riego que implica la automatización y fraccionamiento del riego diario, manteniendo el nivel humedad del sustrato más constante a lo largo del día. Por tanto, se recomendaría la automatización y fraccionamiento del riego.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Batlle, I., Aletà, N., Rovira, M., Torguet, L., Miarnau, X. y Romero, A. 19 de febrero de 2018. Retos de futuro de los frutos secos. Innovagri. Consultado el 26 de julio de 2018. Disponible online: <https://www.innovagri.es/investigacion-desarrollo-inovacion/retos-de-futuro-de-los-frutos-secos-en-espana.html>
- Benito, A.P. & Chiesa, A. 2000. Parámetros fisiológicos y productivos en cultivares de albahaca (*Ocimum basilicum*). Revista FAVE, 14. 19-28.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura), 2016. Datos sobre alimentación y Agricultura. Consultado 13 de junio de 2018. Disponible online: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gil, R. 1 de febrero de 2018. El sector de la almendra mira al futuro. Consultado el 13 de junio. Disponible online: https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/agro-sostenibilidad/noticias/2018-02-01_11-30-49/
- Gromaz, A. 2016. Escarola (*Cichorium endivia* L.): sistemas de manejo y ciclos como factores de la incidencia de fisiopatías y la aclamación de nitratos. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València, València.
- INC (Consejo Internacional de Nueces y frutos secos). 2018. Nuts & Dried Fruits Statistical yearbook 2017/2018.
- Moncayo, M.R. 2015. Compuestos fenólicos y antioxidantes en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo soluciones nutritivas orgánicas en invernadero. Tesis doctoral. Presentada como requisito parcial para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón (México)
- Moreno, J; Moral, R; García-Morales, J.L.; Pascual, J.A. y Bernal, M.P. 2014. De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad. Edición Mundi-Prensa. Madrid. 257pp.
- Pérez, J.; Miranda, R. y Rodríguez, G. 1996. Actividad antidepresiva y anticonvulsivante del extracto fluido del *Ocimum tenuiflorum* L. (albahaca morada). *Revista Cubana Plant Med*, 1. 8-12.
- Pizá, Carlos. 30 de mayo de 2018. El 'boom' mundial (y en España) del almendro: ¿es el nuevo olivo?. Consultado el 13 de junio de 2018. Disponible online: <http://blog.crisolar.es/?p=6274>
- Rodríguez, M.D.; Seuc, A. y González, R.M. 1997. Estudio del efecto hipoglicemiante del *Ocimum sanctum* L. (albahaca morada) con el uso de un ensayo biológico en ratones. *Revista Cubana de Plant Med*, 2. 15-18.
- Sánchez, E.; Leal, I.M.; Fuentes, L. y Rodríguez, C.A. 2000. Estudio Farmacognóstico de *Ocimum basilicum* L. (Albahaca blanca). *Revista Cubana Farm*, 34. 187-195
- Urrestarazu, M. y Salas, M.C. 2004. Cultivos en sustratos alternativos, en Urrestarazu, M.(ed). *Tratado del cultivo sin suelo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Val, M. 9 de Julio de 2018. Los frutos secos como fuente de salud. Propiedades de las avellanas, almendras y nueces. Sabormediterraneo. Consultado el 12 de Julio de 2018. Disponible online: <http://www.sabormediterraneo.com/salud/frutossecos2.htm>